

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-313949

(43)公開日 平成4年(1992)11月5日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 4 N 1/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

1 0 3 E 7251-5C

審査請求 未請求 請求項の数3(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平3-13705

(22)出願日 平成3年(1991)1月11日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 米山 寿一

東京都品川区西大井1-6-3 株式会社

ニコン大井製作所内

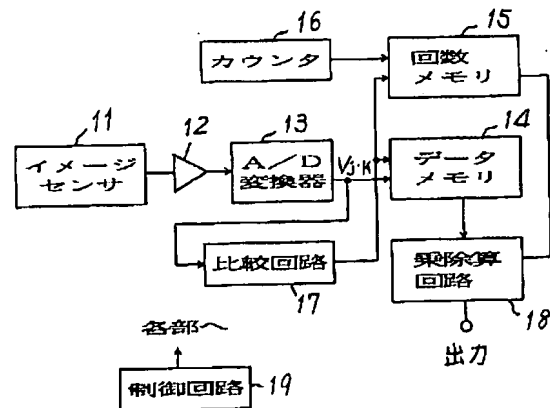
(74)代理人 弁理士 池内 義明

(54)【発明の名称】 高ダイナミックレンジ撮像装置

(57)【要約】

〔目的〕 イメージセンサを露光中に複数回読出し外挿演算により出力を求めることで、広いダイナミックレンジを得る。

〔構成〕 非破壊型イメージセンサを露光中に所定回数読出し、各画素の読出し出力を順次所定の基準値と比較する。読出し出力が始めて基準値をこえた時の該読出し出力およびその時までの読出し回数をそれぞれ記憶しておく。所定回数の読出しが終了すると各画素につき記憶された前記読出し出力値を記憶された読出し回数および前記所定の読出し回数によって外挿演算し最終出力を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の受光素子を備えた非破壊型イメージセンサと、前記イメージセンサの露光中に読出し動作をくり返し所定の読出し回数行なうための読出し制御手段と、前記イメージセンサの各受光素子の読出し出力レベルを順次所定の基準レベルと比較するためのレベル比較手段と、前記受光素子の読出し出力レベルが初めて前記基準レベルをこえた時の該読出し出力レベルに対応する値を記憶するためのデータメモリ手段と、前記受光素子の読出し出力レベルが初めて前記基準レベルをこえた時のその時までの読出し動作のくり返し回数に対応する値を記憶するための回数メモリ手段と、前記データメモリ手段に記憶された前記出力レベルに対応する値を前記回数メモリ手段に記憶された前記読出し動作のくり返し回数に対応する値および前記所定の読出し回数に基づき外挿演算して画像出力を求めるための演算手段と、を具備することを特徴とする高ダイナミックレンジ撮像装置。

【請求項2】 前記所定の基準レベルは前記受光素子の飽和レベルの1/2倍以上の値である請求項1に記載の高ダイナミックレンジ撮像装置。

【請求項3】 各読出し動作時にそれまでの読出し動作のくり返し回数を前記回数メモリ手段に記憶されたくり返し回数に対応する値と比較することにより前記受光素子の出力レベルが初めて前記基準レベルをこえたか否かを判定する請求項1または2に記載の高ダイナミックレンジ撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高ダイナミックレンジ撮像装置に関し、例えば輝度差の大きい静止画像あるいは準静止画像をきわめて広いダイナミックレンジにわたりの確に撮像可能な装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図5は、従来のイメージセンサを含む撮像装置の概略の構成を示す。同図の装置においては、イメージセンサ1に導かれる画像光に応じて該イメージセンサ1を構成する各画素、すなわち受光素子、からの出力信号が順次読出され増幅回路2を介して増幅された後、A/D変換器3に入力される。この入力信号はA/D変換器3においてデジタルデータに変換されメモリ4に記憶される。制御回路5は、例えばイメージセンサ1の各受光素子からの信号を順次読出し、A/D変換器3の出力をメモリ4の各番地に順次書込むなどの制御動作を行なう。以上のようにして、メモリ4に記憶された画像データは、例えば、図示しないコンピュータで読出され画像処理が行なわれた後、表示装置による表示などが行われる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、このような

従来の撮像装置においては、1回の露光により得られる画像信号をすべての受光素子について実質的に同時に1回だけ読出するため、撮像装置のダイナミックレンジを広くすることができないという不都合があった。

【0004】 この点につき、一般的なイメージセンサの受光素子の出力レベルと時間との関係を示す図6を用いて詳細に説明する。すなわち、図6においては、それぞれ異なった強さの画像光を受ける受光素子A、B、C、Dの出力レベルと時間との関係が示されている。同図に示すように、時刻Tでイメージセンサを読出すと、画素V_{A,1}と画素Bの出力V_{B,1}は正常に読出されるが、画素Cの出力V_{C,1}と画素Dの出力V_{D,1}は雑音レベルV₀以下であるため正確な出力レベルを得ることはできない。また、時間2Tにおいて読出すと、画素Bの出力V_{B,2}は正常に読出されるが、画素Aの出力V_{A,1}は飽和レベルV₂となり正確な出力レベルが得られない。画素CおよびDについては、先の場合と同様に雑音レベル以下であるため正確な出力レベルを得ることはできない。

【0005】 これに対し、蓄積時間を十分に長くして時刻NTで読出すと、画素Cの出力V_{C,N}と画素Dの出力V_{D,N}は読出すことができるが、画素Aの出力V_{A,N}および画素Bの出力V_{B,N}は途中で飽和しており正確な出力レベル値を読出すことはできない。

【0006】 従って、従来の撮像装置における読出し方式では、光の強い、すなわち明るい方向は飽和レベルによって制限され、光の弱い、すなわち暗い方向の出力はノイズレベルで制限されるため、撮像装置のダイナミックレンジは使用されるイメージセンサの受光素子のダイナミックレンジによって制限され、高々数千倍程度にとどまるという不都合があった。

【0007】 本発明の目的は、前述の従来例の装置における問題点に鑑み、使用されるイメージセンサの受光素子のダイナミックレンジに制限されことなくきわめて広いダイナミックレンジを得ることが可能な撮像装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上述の目的を達成するため、本発明では、非破壊型のイメージセンサと、該イメージセンサの露光中に読出し動作を複数回繰返すための読出し制御手段と、前記イメージセンサの各受光素子からの読出し出力レベルを順次所定の基準レベルと比較するためのレベル比較手段と、前記受光素子の読出し出力レベルが初めて前記基準レベルを超えた時の該読出し出力レベルに対応する値を記憶するためのデータメモリ手段と、前記受光素子の読出し出力レベルが初めて前記基準レベルを超えた時のその時までの読出し動作の繰返し回数に対応する値を記憶するための回数メモリ手段と、前記データメモリ手段に記憶された前記出力レベルに対応する値を前記回数メモリ手段に記憶された前記読出し

動作の繰返し回数に対応する値および所定の読出し回数に基づき外挿演算して画像出力を求めるための演算手段とを具備することを特徴とする。

【0009】

【作用】上記構成において、前記読出し制御手段は、イメージセンサの露光中に各受光素子の読出し動作を所定の回数行なう。そして、前記レベル比較手段が、各受光素子の読出し出力レベルを基準レベルと比較し、読出し出力レベルが初めて該基準レベルを超えた時に該読出し出力レベルに対応する値を前記データメモリ手段に記憶させ、かつその時までの読出し動作の繰返し回数に対応する値を回数メモリ手段に記憶させる。そして、所定の回数の読出しを終了すると、前記演算手段により前記データメモリ手段に記憶された読出し出力レベルを前記回数メモリ手段に記憶された繰返し回数と前記所定の読出し回数とにより外挿演算して各受光素子の画像出力を求める。

【0010】このような動作においては、非常に輝度の低い信号に対しては蓄積時間を十分に長くとることによって雑音レベル以上の出力を得ることが可能になる。また、入射光の輝度が高く蓄積途中で飽和した画素については、前記データメモリに記憶された飽和前のデータを用いて外挿演算により真の出力レベルに対応する値を求めることが可能になる。従って、受光素子の特性に制約されことなくダイナミックレンジを大幅に拡大することが可能になる。

【0011】

【実施例】以下、図面により本発明の実施例を説明する。図1は、本発明の1実施例に係わる高ダイナミックレンジ撮像装置の概略の構成を示す。同図の装置は、イメージセンサ11、増幅回路12、A/D変換器13、データメモリ14、回数メモリ15、カウンタ16、比較回路17、乗除算回路18、制御回路19などによって構成される。

【0012】イメージセンサ11は、非破壊型のイメージセンサであり、多数の受光素子を有するものである。増幅回路12は、イメージセンサ11の出力をバッファリングおよび増幅するためのものである。A/D変換器13は、増幅回路12によって増幅されたイメージセンサ11の読出し出力を順次デジタル値に変換するものである。データメモリ14は、比較回路17の出力に基づき、A/D変換器13から与えられるデジタル化された読出し出力レベルに対応する値を各画素に対応して記憶するものである。回数メモリ15は、比較回路17の出力に基づき制御され、受光素子の読出し出力レベルが所定の値を超えた時までの読出し回数を各画素に対応して記憶するものである。カウンタ16は、読出し回数を計数するものである。比較回路17は、受光素子のデジタル化された読出し出力レベル値を所定の値と比較するための回路である。乗除算回路18は、最終出力を計算す

るための乗除算を行なう演算回路である。また、制御回路19は、以上の回路ブロックにクロックパルスおよび制御信号などを供給してそれらの動作を制御するものである。

【0013】以上のような撮像装置の動作を図2のフローチャートを参照して説明する。イメージセンサ11の読出しに先立って、制御回路19よりリセット信号を送りカウンタ16をゼロにリセットするとともに、回数メモリ15にはすべての受光素子に対応する領域に例えば最大繰返し回数Nを記憶させておく。

【0014】次に、制御回路19からインクリメント信号を送り、カウンタ16を1だけ増分する。すなわち、カウンタ16には1回目の読出しであることを示す1がセットされる。この状態でイメージセンサ11の各画素の出力を順次読出し、読出し信号を増幅回路12で増幅した後A/D変換器13でデジタル値に変換する。

【0015】A/D変換器13の出力デジタル値を $V_{j,k}$ として表し、このデジタル値 $V_{j,k}$ を比較回路17において基準値 V_1 と比較する。ここで、jはイメージセンサ11の画素番号、kは読出し回数を示すものとする。すなわち、 $V_{j,k}$ はj番目の画素のk回目の出力となる。比較回路17による比較の結果、出力 $V_{j,k}$ が例えば図6に示した画素Aの1回目の読出し出力 $V_{A,1}$ のように基準値 V_1 を超えている場合には、読出し回数k、この場合は1、を回数メモリ15の読出し受光素子に対応する領域に記憶させる。すなわち、 $N_j = k$ とする。ここで、 N_j はj番目の画素の回数メモリのデータである。さらに、この読出し出力値 $V_{A,1}$ をデータメモリ14の画素Aに対応する領域に記憶させる。すなわち、 $M_j = V_{j,k}$ とする。ここで、 M_j はj番目の画素のデータメモリ14のデータである。

【0016】これに対し、図6の画素B、C、Dのように1回目の出力が基準値 V_1 を超えないものについては各画素B、C、Dの出力値 $V_{B,1}$ 、 $V_{C,1}$ 、 $V_{D,1}$ をデータメモリ14のそれぞれ対応する領域に記憶させる。なお、この場合、回数メモリ15の対応する領域には書込みを行わず、前記最大読出し回数Nを入れたままにしておく。以上のようにして、すべての画素の読出しを行ない、読出しを終了するとカウンタ16に1を加えその計数値を2として2回目の読出しに移る。

【0017】2回目の読出しにおいては、イメージセンサ11の各画素の受光素子の出力の読出しと回数メモリ15の読出しとを順次行なう。そして、例えば、図6における画素Aの出力 $V_{A,2}$ は基準値 V_1 を超えているが、回数メモリ15の対応する領域の値 N_A は第1回目の読出しで“1”にセットされており、Nではないからデータメモリ14および回数メモリ15へのデータの記憶は行なわない。

【0018】これに対し、画素Bの読出し出力 $V_{B,2}$ は基準値 V_1 を超えており、かつ画素Bに対応する回数

5

メモリ15の領域はNとなっているから、読出し回数 $k=2$ を回数メモリ15の対応する領域に記憶させる。すなわち、回数メモリ15の画素Bに対応する領域の記憶データ N_B は“2”となる。

【0019】これに対し、図6における画素C、Dの読出し出力値 $V_{C,2}$ 、 $V_{D,2}$ は基準値 V_1 を超えていないから、これらの出力値 $V_{C,2}$ 、 $V_{D,2}$ をデータメモリ14の対応する領域に記憶させる。ただし、回数メモリ15の記憶値は変更しない。

【0020】以上のような動作をカウンタ16の値を順次増分しながらN回繰返す。その結果、最終的には、図6の各画素A、B、C、Dについてはデータメモリ14の対応する領域にはそれぞれ $V_{A,1}$ 、 $V_{B,2}$ 、 $V_{C,N}$ 、 $V_{D,N}$ が記憶され、かつ回数メモリ15にはそれぞれ1、2、N、Nが記憶される。

【0021】次に、乗除算回路18により各画素の出力の演算を行なう。すなわち、画素Jの出力を V_j とすると、

$$V_j = (N/N_j) \cdot M_j$$

により計算することができる。これは図3に示すようにデータメモリに記憶された N_j 回目の読出し出力 M_j を外挿演算してN回目の読出し時における、すなわち露光時間NT後の、出力 V_j を求めるものである。

【0022】前記図6の例では、画素Aの最終出力 V_A は $V_{A,1} \cdot N$ となり、画素Bの最終出力 V_B は $V_{B,2} \cdot N/2$ となり画素Cの最終出力 V_C は $V_{C,N}$ となり、そして画素Dの最終出力 V_D は $V_{D,N}$ となる。

【0023】以上のような手順により、蓄積途中で飽和した画素の出力を外挿によって求めることができるから、イメージセンサ本来のダイナミックレンジを大幅に、すなわちN倍にまで、拡大できる。例えば、 $N=1000$ とすると、イメージセンサ本来の数千倍のダイナミックレンジをさらに千倍拡大して数百万倍のダイナミックレンジが得られる。

【0023】なお、比較回路17における比較のための基準値 V_1 は例えば飽和出力レベル V_2 の約 $1/2$ 程度に設定するのが好都合であるが、これは出力レベルが基準値 V_1 を超えた場合に次の読出しでは飽和点を超えることが予想される程度のレベルを基準レベルとするためである。勿論、飽和レベル V_2 の約 $1/2$ 程度以外の基準レベルを用いることも可能である。

【0024】図4は、本発明の他の実施例に係わる高ダイナミックレンジ撮像装置の概略の構成を示す。同図の

6

装置においては、イメージセンサ11の出力を増幅回路12およびA/D変換器13を介してマイクロコンピュータ20のようなデータ処理装置に入力するものである。マイクロコンピュータ20は、前記図2に示した処理動作を内蔵するプログラムによって行なうものである。

【0025】図4に示される装置は、例えば天体観測用のようにイメージセンサ11の総蓄積時間が長く1回の露光における読出し速度が遅くてもよい場合に好都合であり、図1の装置に比較して回路構成が簡略化できる。

【0026】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、微弱な信号に対しては蓄積時間を長くとることによって雑音レベル以上の出力を得ることができ、かつ強い信号に対しては受光素子の出力が飽和する前の短い蓄積時間における値を基に外挿によって最終出力を得ることができるから、イメージセンサの本来のダイナミックレンジを大幅に拡大することが可能になり、輝度差の大きな被写体をもち確に撮像することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1実施例に係わる高ダイナミックレンジ撮像装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の撮像装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図3】図1の装置における乗除算回路によって行なわれる最終出力の算出方法を示す説明図である。

【図4】本発明の他の実施例に係わる高ダイナミックレンジ撮像装置の概略の構成を示すブロック図である。

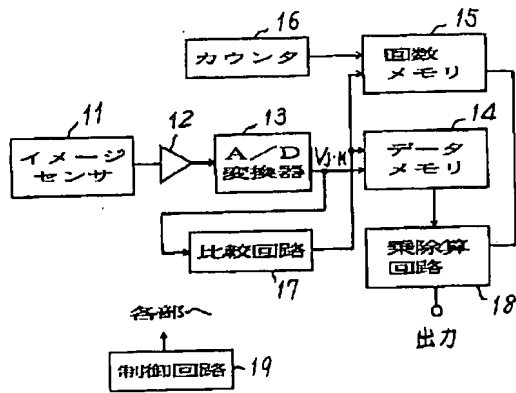
【図5】従来の撮像装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図6】イメージセンサの受光素子の露光時間と出力レベルとの関係を示すグラフである。

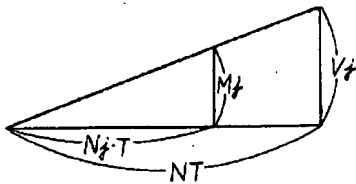
【符号の説明】

- 11 イメージセンサ
- 12 増幅回路
- 13 A/D変換器
- 14 データメモリ
- 15 回数メモリ
- 16 カウンタ
- 17 比較回路
- 18 乗除算回路
- 19 制御回路
- 20 マイクロコンピュータ

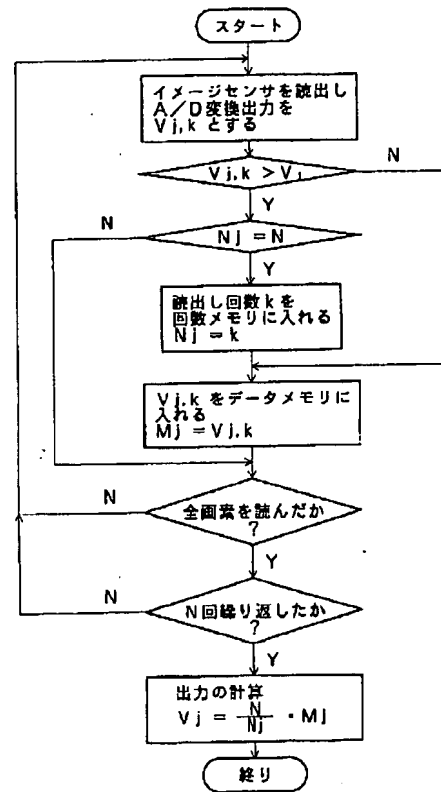
【図1】



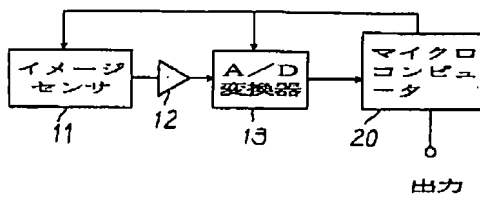
【図3】



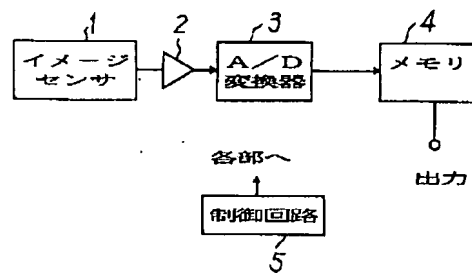
【図2】



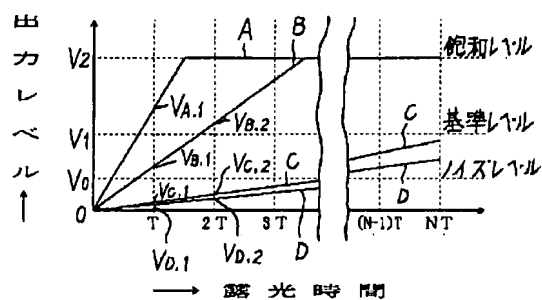
【図4】



【図5】



【図6】



PTO 04-4594

CY=JA DATE=19921105 IND=A
PN=04-313949

HIGH DYNAMIC RANGE IMAGE PICKUP DEVICE
[Kou dainamikku satsuzou souchi]

Hisakazu Yoneyama

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
Washington, D.C. August 2004

Translated by: FLS, Inc.

PUBLICATION COUNTRY	(19):	JP
DOCUMENT NUMBER	(11):	04-313949
DOCUMENT KIND	(12):	A
	(13):	PUBLISHED UNEXAMINED PATENT APPLICATION (Kokai)
PUBLICATION DATE	(43):	19921105 [WITHOUT GRANT]
PUBLICATION DATE	(45):	[WITH GRANT]
APPLICATION NUMBER	(21):	03-013705
APPLICATION DATE	(22):	19910111
PRIORITY DATE	(32):	
ADDITION TO	(61):	
INTERNATIONAL CLASSIFICATION	(51):	H04N 1/04
DOMESTIC CLASSIFICATION	(52):	
PRIORITY COUNTRY	(33):	
PRIORITY NUMBER	(31):	
PRIORITY DATE	(32):	
INVENTOR	(72):	YONEYAMA, HISAKAZU
APPLICANT	(71):	Nikon K.K.
TITLE	(54):	HIGH DYNAMIC RANGE IMAGE PICKUP DEVICE
FOREIGN TITLE	[54A]:	Kou dainamikku satsuzou souchi

[Claims]

[Claim 1] High dynamic range image pickup device comprising a nondestructive image sensor having plural light-interception elements, read control means that repeats the reading process for a specific number of times while the image sensor is exposed, level comparison means that sequentially compares the read output level of each light-interception element of image sensor with the specific standard level, data memory means that stores a value corresponding to the read output level when the read output level of said light-interception element exceeds the standard level for the first time, counter memory means that stores a value corresponding to the number of reading repetition performed until the read output level exceeds the standard level for the first time, and computation means that acquires the image output by extrapolating the value corresponding to the output level stored in the data memory means based on the value corresponding to the specific reading count and repeated reading count stored in the count memory means.

[Claim 2] High dynamic range image pickup device according to the claim 1, wherein said specific standard level is a value exceeding $1/2$ of the saturation level of light-interception element.

[Claim 3] High dynamic range image pickup device according to the claim 1 or 2, wherein the number of read operations performed before the current reading operation is compared with the value corresponding to the repetition count stored in the count memory

means in order to determine the light-interception element output level having exceeded the standard level for the first time.

[Detailed Explanation of this Invention]

[0001] [Field of the Invention]

The present invention relates to a high dynamic range image pickup device and is particularly associated with a device that can pick up an image (e.g., still image or semi still image having significant luminance gap) within a wide dynamic range with excellent accuracy.

[0002] [Prior Art]

Fig. 5 is a diagram showing the configuration of known image pickup device including an image sensor. With this type of device, output signals generated from each picture element (i.e., light-interception element) configuring an image sensor corresponding to the image light guided to the image sensor 1 are sequentially read out, amplified by an amplification circuit 2, and inputted to A/D converter 3. This input signal is converted to digital data by the A/D converter 3 and stored in a memory 4. A control circuit 5 performs control operations. For example, it sequentially reads out a signal from each light-interception element of image sensor 1 and writes it to each address of memory 4. For example, the image data stored in the memory 4 as described above is read out by a computer (not shown in the figure), processed, and displayed on a display device.

[0003] [Problems to Be Solved by this Invention]

This type of known image-pickup device reads out image signals generated by simultaneously exposing every light-interception element practically for a single time. Therefore, the dynamic range of image pickup device cannot be widened.

[0004] The detail of this problem will be explained below with the reference of Fig. 6 exhibiting the relation between time and output level of light interception element of usual image sensor. That is, Fig. 6 shows the relation between time and output levels of light interception elements **A**, **B**, **C**, **D** that respectively receive image lights having different strengths. As shown in the figure, when the image sensor is read out at time **T**, the output $V_{A,1}$ of picture element **A** and the output $V_{B,1}$ of picture element **B** can be read out in the normal manner. However, the output $V_{C,1}$ of picture element **C** and the output $V_{D,1}$ of picture element **D** cannot be accurately read, as they are below the noise level V_0 . Also, when the output is read at time **2T**, although the output $V_{B,2}$ of picture element **B** can be accurately read, the output $V_{A,2}$ of picture element **A**, which has reached the saturation level V_2 , cannot be accurately obtained. In addition, the output levels of picture elements **C** and **D**, which are below the noise level, cannot be accurately obtained for the reason described above.

[0005] On the other hand, when the output is read at time **NT** by setting a sufficient accumulation time, although output $V_{C,N}$ of

picture element C and output $V_{D,N}$ of picture element D can be read out, output level $V_{A,N}$ of output A and output level $V_{B,N}$ of output B, which reach saturation during the process, cannot be accurately read out.

[0006] Therefore, the read-out method of known image pickup device is restricted by the saturation level for the high intensity direction (i.e., direction of bright light), whereas the output of low intensity direction (i.e., direction of weak light) is limited by the noise level. Hence, the maximum dynamic range of image pickup device controlled by the dynamic range of the light interception element of image sensor is limited to approx. several thousands times at most.

[0007] The object of present invention is to provide an image pickup device that can obtain a wide dynamic range without being restricted by the dynamic range of light interception element of image sensor, so as to solve the problems of the known devices.

[0008] [Method to Solve the Problems]

To achieve the object as described above, the present invention provides a high dynamic range image pickup device comprising a nondestructive image sensor having plural light-interception elements, read control means that repeats reading for a specific number of times while the image sensor is exposed, level comparison means that sequentially compares the read output level of each light-interception element of image sensor with a specific standard level,

data memory means that stores the value corresponding to the read output level when the read output level of said light-interception element exceeds the standard level for the first time, counter memory means that stores the value corresponding to the number of repeated reading operations performed until the lead output level exceeds the standard level for the first time, and computation means that acquires the image output by extrapolating the value corresponding to the output level stored in the data memory means based on the value corresponding to a specific reading count and the number of repeated read operations stored in the count memory means.

[0009] [Operation]

With the configuration as described above, the readout control means reads out each light interception element for a specific number of times while the image sensor is exposed. Then, the level comparison means compares the readout output level of each light interception element with a standard level, and when the readout output level exceeds the standard level for the first time, a value corresponding to the readout output level is stored in the data memory means, and the value corresponding to the number of previous readouts is stored in the repetition count memory means. Then, with the completion of readouts performed for a specific number of times, the computation means acquires the image output by extrapolating the value corresponding to the output level stored in the data memory means based on the value corresponding to a specific read-count and

the number of repeated read operations stored in the count memory means.

[0010] With this technique, an output exceeding the noise level can be obtained by setting sufficient accumulation time for extremely low intensity signals. Also, for a picture element receiving high intensity light to cause saturation during the accumulation process, a value reflecting the true output level can be obtained by extrapolating the data prior to the saturation stored in the data memory. Therefore, the dynamic range can be drastically widened regardless of limitation of light interception element characteristic.

[0011] [Operational Example]

The following explains the operational example of this invention while referring to the figures. Fig. 1 is a diagram showing the configuration of high dynamic range image pickup device used in the Operational example 1 of this invention. The device shown in the figure comprises an image sensor 11, amplification circuit 12, A/D converter 13, data memory 14, count memory 15, counter 16, comparison circuit 17, multiplication/division circuit 18, and control circuit.

[0012] The image sensor 11 is a nondestructive sensor and contains numerous light interception elements. The amplification circuit 12 is for buffering and amplifying the output of the image sensor 11. The A/D converter 13 sequentially converts the readout outputs of the image sensor being amplified by the amplification

circuit 12 to digital values. The data memory 14 is a memory device that stores values for each picture element based on the digitized readout output level provided by the A/D converter based on the output from the comparison circuit 17. The counter memory 15 is controlled according to the output of the comparison circuit 17 and stores the number of readouts for each picture element, counted until the output level of light interception element exceeds a specific value. The counter 16 counts the readouts. The comparison circuit 17 compares the digitized readout output level of light interception element with a specific value. The multiplication/division circuit 18 is a computation circuit that multiplies and divides for computing the final output. The control circuit 19 supplies a clock pulse and control signal to the circuit block and controls their operations.

[0013] The following will explain the image pickup operation as described above by referring to the flowchart shown in Fig. 2. Prior to reading out of image sensor, the control circuit 19 sends a reset signal so as to set the counter 16 to zero and stores the maximum repetition count N to the area corresponding to every light interception element.

[0014] Next, the control circuit 19 sends an increment signal and increment the counter 16 by 1. That is, the counter 16 is set to 1, indicating the first readout. In this condition, the output of each picture element of image sensor 11 is sequentially read out, and the readout signal is amplified by the amplification circuit 12.

Then, the data is converted to a digital value using the A/D converter.

[0015] The output digital value of A/D converter 13 is expressed as $V_{j,k}$, which is compared with the standard value V_1 by the comparison circuit 17. Note that 'j' denotes the picture element number of image sensor 11, and 'k' denotes the readout count. That is, $V_{j,k}$ is the 'k'th output of the 'j'th picture element. For example, when the comparison result of comparison circuit 17 indicates that the output $V_{j,k}$ exceeds the standard value V_1 as was the case of first readout output $V_{A,1}$ shown in Fig. 6, the readout count k (1 in this example) is stored in the area corresponding to the readout light interception element of the count memory. That is, the value is set as $N_j = k$. In this case, N_j is the data of 'j'th picture element stored in the count memory. Furthermore, this readout output value $V_{A,1}$ is stored in the area corresponding to the picture element **A** of the data memory 14 (i.e., $M_j = V_{j,k}$), whereas M_j is the data in the data memory 14 of the jth picture element.

[0016] On the other hand, when the first output does not exceed the standard value V_1 , such as picture elements **B**, **C**, and **D** in Fig. 6, the respective output values $V_{B,1}$, $V_{C,1}$, $V_{D,1}$, of picture elements **B**, **C**, and **D** are stored to the corresponding areas in the data memory 14. In this case, since writing is not performed to the corresponding area in the count memory 15, the maximum readout count N is left in the memory. With the completion of readout for every picture

element, 1 is added to the counter 16 to change the counter value to 2 for starting the second readout.

[0017] During the second readout, the output of light interception element of each picture element of image sensor 11 and count memory 15 are sequentially read. For example, although the output $V_{A,2}$ of the picture element **A** shown in Fig. 6 exceeds the standard value V_1 , the value N_A in the corresponding area in the counter memory 1 has been set to "1" by the initial readout, and does not contain N . Therefore, data is not stored in the data memory 14 or counter memory 15.

[0018] On the other hand, when the readout output $V_{B,2}$ of picture element **B** exceeds the standard value V_1 , since the area in the counter memory 15 corresponding to the picture element **B** has N , the readout count $k=2$ is stored in the corresponding area in the counter memory 15. That is, the stored data V_B in the area corresponding to the picture element **B** of counter memory 15 becomes "2".

[0019] However, since the readout output values $V_{C,2}$ and $V_{D,2}$ of picture elements **C**, **D** in Fig. 6 do not exceed the standard value V_1 , those output values $V_{C,2}$ and $V_{D,2}$ are stored to the corresponding area of the data memory 14. Note that the stored values in the counter memory 15 are not modified.

[0020] The operation described above is repeated for N times by sequentially incrementing the value of the counter 16. As a result, $V_{A,1}$ $V_{B,2}$ $V_{C,N}$ $V_{D,N}$ are stored in the corresponding areas of data memory

14 for each picture element **A**, **B**, **C**, and **D** at the end of the process, whereas 1, 2, N, and N are stored in the counter memory 15.

[0021] Next, the multiplication/division circuit 18 computes the output of each picture element. That is, when the output of picture element j is V_j , the following formula can be used to compute the output:

$$V_j = (N/N_j) \cdot M_j$$

As shown in Fig. 3, this formula obtains the output V_j at Nth readout (after the exposure time NT) by extrapolating the output M_j stored in the data memory.

[0022] In the example shown in Fig. 6, the final output V_A of picture element **A** becomes $V_{A,1} \cdot N$, and the final output V_B of picture element **B** becomes $V_{B,2} \cdot N/2$. Also, the final output V_C of picture element **C** becomes $V_{C,2} \cdot N$, and the final output V_S of picture element **D** becomes $V_{D,N}$.

[0023] Since the output of picture element having saturated during accumulation can be obtained by extrapolation, the dynamic range of image sensor itself can be drastically (i.e., to N times) expanded. For example, if $N=1000$, the dynamic range which is several thousands times greater than the range of image sensor itself can be expanded for thousand times, thus acquiring the dynamic range expanded for several million times.

[0023] Also, the standard value V_1 is preferably set to approx. $1/2$ of the saturated output level V_2 . This is because the level

allowing the prediction of exceeding the saturation point at the next read out when the output level exceeds the standard value exceeds V_1 is used as a standard level. Without saying that the standard level is not limited to approx. $1/2$ of the saturation level V_2 , as any level is applicable.

[0024] Fig. 4 is a diagram showing the configuration of high dynamic range image pickup device used in the operation al example of this invention. With the device shown in the figure, the output of image sensor 11 is inputted to a data processing device such as microcomputer 20 via an amplification circuit 12 and A/D converter. The microcomputer 20 is operated by the internal program executing the procedures shown in Fig. 2.

[0025] The device shown in Fig. 4 is conveniently used for the application such as astronomic observation that requires a lengthy total accumulation period for the image sensor, and the readout speed of the first exposure may be slow. This application can simplify the circuit configuration compared with the device shown in Fig. 1.

[0026] [Effectiveness of this Invention]

With the method based on this invention explained above, when the signal is weak, an output higher than the noise level can be obtained by setting a longer accumulation period. Also, for strong signals, the final output can be obtained by extrapolating data based on the value obtained within the short accumulation time prior to the saturation of interception element output. Since the essential

dynamic range of image sensor can be drastically expanded by this technique, an object with a significant luminous intensity gap can be accurately picked up.

[Simple Explanation of the Figures]

[Figure 1] is a diagram showing the configuration of high dynamic range image pickup device used in the Operational example 1 of this invention.

[Figure 2] is a flowchart explaining the operation of image pickup device shown in Fig. 1.

[Figure 3] is a diagram exhibiting the computation method of final output performed by the multiplication/division circuit of the device shown in Fig. 1.

[Figure 4] is a diagram showing the configuration of high dynamic range image pickup device used in the Operational example of this invention.

[Figure 5] is a diagram showing the known configuration of image pickup device including an image sensor.

[Figure 6] is a graph exhibiting the relation between time and output levels of light interception elements.

[Explanation of Keys]

11...Image sensor; 12...Amplification circuit; 13...A/D converter; 14...Data memory; 15...Counter memory; 16...Counter; 17...Comparison circuit; 18...Multiplication/division circuit; 19...Control circuit; 20...Micro computer.

Key A...Start; B...End; 1...Read out image sensor and set A/D conversion output to $V_{j,k}$; 2...Store readout count k to count memory; 3...Store $V_{j,k}$ to data memory; 4...Was every picture element read?; 5...Repeated for N times?; 6...Output computation

Key 1...Image sensor; 3...A/D converter; 4...Memory; 6...Control circuit

